



Un cadre conceptuel et logiciel pour la construction d'environnements d'apprentissage collaboratifs

Jacques Lonchamp

► To cite this version:

Jacques Lonchamp. Un cadre conceptuel et logiciel pour la construction d'environnements d'apprentissage collaboratifs. STICEF (Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation), 2008, 14/2007. inria-00291828

HAL Id: inria-00291828

<https://inria.hal.science/inria-00291828>

Submitted on 30 Jun 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Un cadre conceptuel et logiciel pour la construction d'environnements d'apprentissage collaboratifs

Jacques LONCHAMP [LORIA, Nancy]

■ RÉSUMÉ : La diffusion effective de l'apprentissage collaboratif assisté par ordinateur exige de passer d'une première génération d'outils ad hoc, spécialisés et fermés à des environnements beaucoup plus génériques, ouverts et malléables. Ces environnements doivent en outre s'intégrer à des ensembles plus vastes dédiés à l'accompagnement des communautés d'intérêt et de pratique indispensables pour former et guider concrètement les enseignants concernés. Cet article définit un cadre conceptuel pour l'apprentissage collaboratif puis une architecture fonctionnelle reflétant cette vision et enfin un système qui implante cette architecture.

■ MOTS CLÉS : Apprentissage collaboratif, CSCL, cadre conceptuel, genericité, malléabilité, modélisation, communauté de pratique, communauté d'intérêt.

■ ABSTRACT : Effective dissemination of computer-supported collaborative learning requires replacing a first generation of ad hoc, specialized, and closed tools with generic, open, and malleable environments. Moreover, these environments should be integrated into larger systems aiming at supporting the communities of interest and communities of practice necessary for educating and guiding interested teachers. This paper firstly describes a conceptual framework for collaborative learning. It then proposes a functional architecture conveying that vision and finally a system that implements that architecture.

■ KEYWORDS : Collaborative learning, CSCL, conceptual framework, genericity, malleability, modelling, community of practice, community of interest.

- 1. Introduction
- 2. Un cadre conceptuel
- 3. La conception générale
- 4. La conception détaillée
- 5. L'implantation et son évaluation
- BIBLIOGRAPHIE

1. Introduction

L'apprentissage collaboratif assisté par ordinateur ou *Computer-Supported Collaborative Learning* (CSCL) a émergé en tant que champ de recherche multidisciplinaire au cours des années 90 (Koschmann, 1996). On a pu observer, durant la première décennie de son développement, une production foisonnante de systèmes ad hoc correspondant à des recherches focalisées à un niveau *microscopique* sur des situations d'apprentissage données, des contextes particuliers et cherchant à susciter des processus d'apprentissage spécifiques (Lonchamp, 2006a). Leur évaluation s'est fondée principalement sur le paradigme expérimental, via des analyses statistiques de variables en relation avec les processus d'apprentissage, et plus marginalement sur des analyses descriptives dans la tradition de l'ethnométhodologie (Stahl et al., 2006a). Ces premiers travaux ont permis de faire émerger des concepts, pratiques et mécanismes d'intérêt général pour le domaine. Au niveau *macroscopique* des politiques et des processus institutionnels, l'apprentissage collaboratif assisté par ordinateur s'est imposé dans les esprits comme une voie possible pour préparer les hommes à la société de la connaissance, pour favoriser des apprentissages plus en profondeur que dans les démarches traditionnelles et pour mieux répondre aux attentes de la 'net génération' (Resta et Lafférière, 2007). Le défi à relever aujourd'hui semble se situer à un *niveau intermédiaire* (Jones et al., 2007), où doivent être inventées des approches et technologies orientées vers la *diffusion effective des pratiques collaboratives de l'apprentissage*. Un certain consensus existe autour de l'idée que les outils ad hoc, hyper spécialisés et fermés doivent céder la place à des environnements "plus riches et appropriés à des situations, conditions et contextes variés" (Dimitracopoulou, 2005), "reconfigurables, adaptatifs, et offrant des collections d'affordances et de formes de guidage flexibles" (Suthers, 2005), "très flexibles et adaptables" (Lipponen, 2002). En effet, on imagine difficilement avoir à s'approprier un outil différent pour chaque variante d'activité d'apprentissage en collaboration. Ces futurs *environnements génériques*

et malléables devraient en outre pouvoir s'intégrer *au sein d'ensembles plus vastes dédiés à l'accompagnement des communautés d'intérêt et de pratique*, indispensables pour former et guider concrètement les enseignants souvent désarmés face à ces nouvelles modalités d'apprentissage (Haatainen et Korhonen, 2002). C'est la voie qui est explorée ici. Cette recherche, située au niveau intermédiaire entre approches microscopiques et macroscopiques, s'inscrit assez naturellement dans la tradition de la *conception itérative*, caractérisée par une interaction entre théories en cours d'élaboration et expérimentations de prototypes successifs qui explorent l'espace des conceptions possibles (Stahl et al., 2006a).

Cet article est structuré en quatre parties. La première partie, section 2, définit le cadre conceptuel dans lequel s'inscrit la recherche. Pour ce faire, les notions de collaboration et d'apprentissage collaboratif sont tout d'abord explicitées. Puis, une certaine vision de l'apprentissage collaboratif est présentée, à travers les concepts de construction collaborative des connaissances, de médiation par les artefacts, d'étayage distribué, de construction collective de l'activité et de son support. Cette analyse est synthétisée en une douzaine de propriétés requises fondamentales. La deuxième partie décrit une architecture fonctionnelle visant à satisfaire ces propriétés requises. Elle s'articule autour d'un noyau réflexif multi modèles supportant les exceptions, de clients offrant un espace d'interaction dual pour le partage étayé d'artefacts et d'idées, et d'une plateforme d'accueil pour la conception, la pratique, l'évaluation et la dissémination de l'apprentissage collaboratif. La partie suivante discute la conception détaillée d'un certain nombre d'aspects essentiels de cette approche en faisant ressortir les apports les plus originaux. Enfin, la dernière partie décrit l'état actuel de la réalisation, résultat d'un processus itératif de conception et d'évaluation dont la continuation est discutée.

2. Un cadre conceptuel

2.1. Collaboration et apprentissage collaboratif

Le concept de collaboration mérite tout d'abord être précisé. Selon Ingram et Hathorn, trois conditions de base doivent être satisfaites pour que l'on puisse parler de collaboration (Ingram et Hathorn, 2004). La première condition est une *participation sensiblement égale de tous les apprenants*. Si une seule personne ou un petit nombre de personnes monopolise la participation au détriment des autres, il est difficile de parler de collaboration. La seconde condition réside dans l'existence d'une *véritable interaction entre les apprenants*. Il n'y a collaboration que s'il existe des influences réciproques dans les processus cognitifs, perceptibles par exemple à travers des références explicites ou implicites aux contributions des autres. La troisième condition est la *production d'un résultat qui va au-delà de la simple somme des contributions individuelles*. La collaboration est plus que le simple échange d'informations ou d'idées. Elle implique la synthèse des apports individuels débouchant sur un résultat *qu'aucun participant n'aurait pu produire seul* (Kaye, 1992), c'est-à-dire sur la production de connaissances nouvelles par le collectif.

Pour Dillenbourg, l'apprentissage collaboratif implique quatre ingrédients qui recoupent et prolongent la caractérisation précédente de la collaboration (Dillenbourg, 1999) : (1) une *situation* collaborative, avec un groupe d'apprenants participant activement à une tâche commune, (2) des *interactions* collaboratives entre apprenants, (3) des *processus ou mécanismes* d'apprentissage collaboratifs, comme par exemple la résolution de conflits socio cognitifs, (4) l'ensemble débouchant sur des *effets* mesurables à la fois pour les individus et pour le groupe. La situation collaborative, artificiellement créée contrairement au cas du travail collaboratif, doit privilégier des formes d'interaction pouvant conduire à la stimulation de mécanismes d'apprentissage. Elle nécessite de réfléchir à :

- la taille des groupes la plus favorable à la collaboration, a priori plutôt faible,
- la durée d'activité de ces groupes, a priori plutôt courte,
- la composition des groupes, soit homogène soit tirant parti d'une certaine variété des connaissances et des compétences,
- la nature de la tâche, encourageant par exemple la pensée critique,
- la diversité des actions que les apprenants sont autorisés à entreprendre, à travers un rôle unique ou une diversité de rôles,
- la division de la tâche, en notant que la séparation programmée à l'avance en sous-tâches individuelles avec un simple assemblage final des résultats obtenus correspond plutôt à ce que l'on désigne sous le vocable d'apprentissage coopératif.

De la même manière, au niveau des interactions collaboratives, il faut réfléchir à :

- leur mode, a priori plutôt synchrone qu'asynchrone, en tout cas dans la perception qu'en ont les participants,
- leur nature, a priori plutôt négociable qu'imposée et impliquant de ce fait une communication à propos de

la communication ou méta-communication (Bateson, 1973).

Dans une approche générique, *la conception de la situation doit le plus possible être laissée à la discrétion des enseignants*. Il en va de même de la *structuration des interactions, du procédé à suivre et de la manière d'appréhender les effets de la collaboration*. On y reviendra dans la suite. Reste, pour tout environnement centré sur l'apprentissage collaboratif, à créer les conditions de base permettant à toutes les formes de collaboration de s'établir, à savoir, (R1) *une participation la plus égale possible de tous les apprenants*, (R2) *une interaction véritable entre les apprenants* et (R3) *un processus de construction collaborative de connaissances*. La section suivante approfondit ce dernier point.

2.2. La construction collaborative de connaissances

De nombreuses théories tentent d'expliquer comment des connaissances nouvelles peuvent émerger au sein d'une communauté (Paavola et al., 2002). Parmi celles-ci, le modèle de création des connaissances au sein des organisations de Nonaka et Takeuchi se fonde sur la différenciation entre connaissances tacites et connaissances explicites (Nonaka et Takeuchi, 1995). La connaissance tacite est définie par Polanyi comme non verbalisée, intuitive, non articulée (Polanyi, 1962) et donc difficilement transférable (Spender, 1996). Elle inclut une forte part de subjectivité (impressions, intuitions, croyances, valeurs, émotions, tours de mains). Au contraire, la connaissance explicite peut être codifiée. Elle est stockée dans des artefacts matériels (textes, schémas, bases de connaissances). Elle peut être transférée à travers des moyens systématiques, comme des règles et des procédures (Polanyi, 1962). Le modèle de Nonaka et Takeuchi décrit le processus de création de connaissances comme une spirale avec des allers-retours répétitifs entre connaissances tacites et explicites, grâce à quatre formes de conversion (cf. figure 1) :

- la *socialisation* ou conversion d'une connaissance tacite vers une nouvelle connaissance tacite, essentiellement par le partage des expériences personnelles,
- l'*externalisation* ou conversion d'une connaissance tacite en une connaissance explicite (concepts, modèles, théories ...),
- la *combinaison* ou conversion d'une connaissance explicite en une autre connaissance explicite ; la connaissance est discutée, travaillée, reliée, repensée et réutilisée sous une autre forme,
- l'*internalisation* ou conversion d'une connaissance explicite en une connaissance tacite par intériorisation/assimilation comme un schéma cognitif personnel.

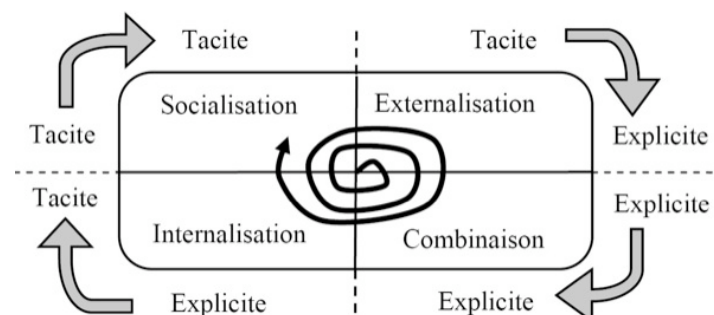


Figure 1 • Le modèle de Nonaka et Takeuchi

Tout environnement d'apprentissage collaboratif doit donc (R3.1) *faciliter la socialisation* c'est-à-dire les échanges informels de subjectivités, d'émotions, d'opinions, de doutes, etc., (R3.2) *faciliter l'externalisation* par la formalisation de la connaissance et sa justification, (R3.3) *faciliter la combinaison* par la comparaison, la synthèse, la réorganisation, la généralisation et (R3.4) *faciliter l'internalisation*, avec par exemple des moyens d'exploration de la connaissance et des moyens facilitant la réflexion personnelle.

2.3. La médiation par les artefacts

D'autres théories relatives à la construction collective de connaissances, comme la théorie du *knowledge-building* (Bereiter, 2002), mettent au centre du processus la création, le développement et la discussion d'*artefacts conceptuels* (idées, méthodes, théories, modèles). Les points de vue contradictoires sont fondamentaux dans ce processus d'élaboration des connaissances. Les discussions autour des artefacts incluent le questionnement, la proposition, la justification, la critique, la clarification, la négociation, l'agrément, la remise en cause, etc. Ce processus d'élaboration est grandement facilité par la *matérialisation des connaissances* sous forme d'*artefacts (numériques) partagés* ou *shared knowledge artefacts* (Paavola et al., 2002). Ces artefacts partagés ont des fonctions multiples de point de focalisation, de mémoire, de contrainte et d'incitateur. On peut noter au passage que certains artefacts produits ne contribuent pas directement à la construction des connaissances mais servent à

négoier les cadres de référence dans lesquels s'inscriront les apprentissages (glossaires, taxonomies, modèles de domaines, ontologies).

Miao propose un modèle conceptuel de l'apprentissage collaboratif centré sur la médiation par les artefacts (Miao, 2000), illustré par la figure 2. Les flux d'information appelés 'représentation' et 'exploration' concrétisent les processus d'externalisation-intériorisation de Nonada et Takeuchi. La connaissance dans les mémoires individuelles des apprenants et dans l'artefact numérique partagé peut être dans un état 'cohérent' ou 'incohérent'. La notion d'incohérence doit être comprise ici de manière très large et recouvre tous les aspects susceptibles de déclencher une réaction de l'apprenant comme l'incomplétude, l'imprécision, la contradiction, etc. Les conflits au niveau collectif conduisent à la négociation d'un nouvel état cohérent pour l'artefact partagé (par combinaison). Les conflits au niveau individuel qui peuvent résulter de ces évolutions des artefacts partagés, ou dissonances cognitives (Festinger, 1957), conduisent à la construction de nouveaux schémas cognitifs personnels caractérisant le processus d'apprentissage. Miao dérive de ce modèle conceptuel trois familles de propriétés requises pour tous les environnements d'apprentissage en collaboration : *faciliter la représentation de la connaissance* (R3.2), *faciliter l'exploration de la connaissance* (R3.4) et *faciliter la négociation entre apprenants* (R3.3).

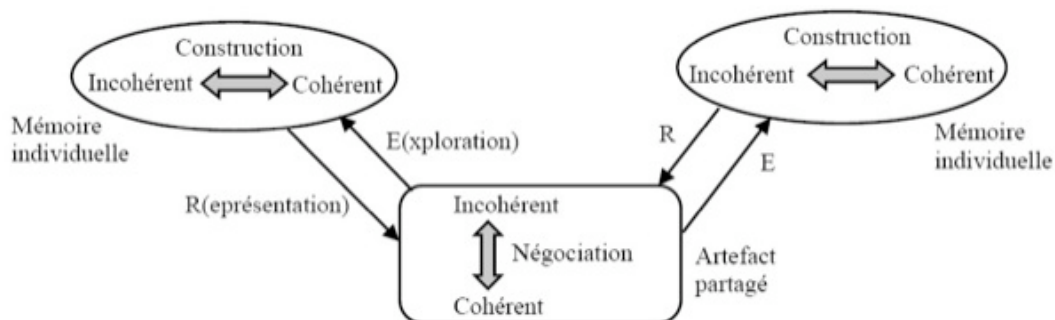


Figure 2 • Le modèle conceptuel de Miao

Les artefacts numériques partagés ont des propriétés physiques qui favorisent certains usages, modes de pensée et objectifs (*affordances*). Suthers a expérimentalement analysé comment les formes de représentation utilisées par les apprenants peuvent influencer leur collaboration, en face à face et à distance (Suthers et al., 2003). Par exemple, dans une collaboration en ligne avec Belvedere, le graphe de croyance apparaît être utilisé directement pour introduire de nouvelles idées sans discussion préalable avec le chat. Ce dernier outil sert essentiellement pour de brefs dialogues de confirmation ou bien dans les situations exceptionnelles ou problématiques qui nécessitent une réflexion au niveau méta cognitif. Dans des expérimentations plus récentes, Suthers montre comment certains traits suggérés par les théories de la construction collaborative de connaissances sont observés expérimentalement lors de la manipulation en ligne des graphes de croyance (Suthers, 2006) : différences d'interprétation, construction d'un terrain de compréhension partagé ou *grounding* (Clark et Brennan, 1991), enchaînements de transformations conduisant à une solution partagée.

Dans une approche générique, l'environnement doit offrir la possibilité de définir de nombreux types de représentations externes et de les adapter à tout moment aux besoins. Il doit offrir également la possibilité de *manipuler simultanément plusieurs vues complémentaires*, soit partielles, soit situées à des niveaux d'abstraction différents, soit correspondant à des systèmes de représentation différents. Les rapprochements de vues ou les conversions entre vues peuvent en effet être générateurs d'apprentissages. Cette multiplicité des vues crée une nouvelle catégorie de conflits, les conflits inter-vues, et complique les problèmes de deixis, c'est-à-dire de *référencement des éléments et actions au sein de l'espace partagé*. La figure 3 complète le modèle conceptuel de Miao en intégrant ces éléments et en rendant explicite la conjugaison tout à fait essentielle entre *communication interpersonnelle directe et communication indirecte via les artefacts numériques partagés*.

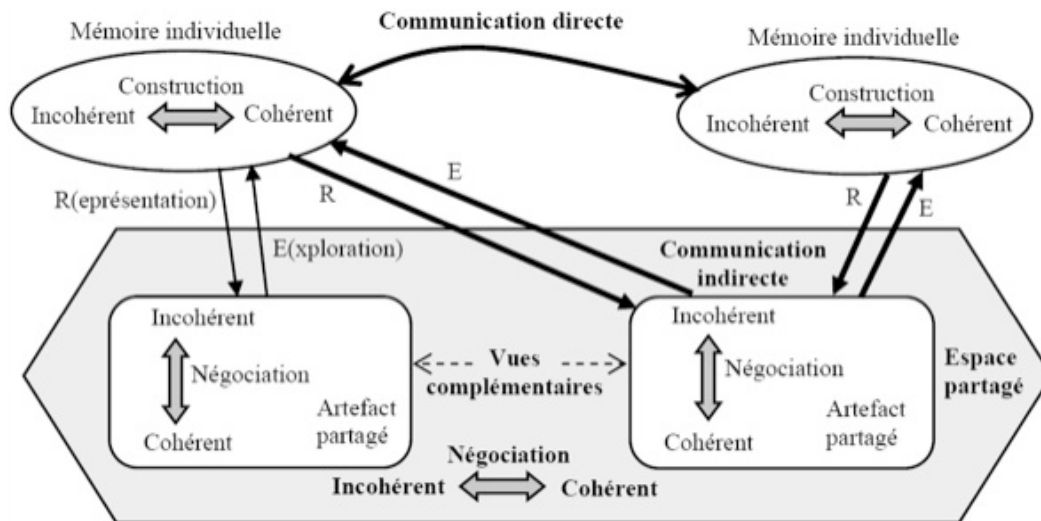


Figure 3 • Le modèle conceptuel étendu

2.4. L'étayage distribué

L'étayage traditionnel (*scaffolding*) s'appuie sur les enseignants et les documents de support à l'enseignement. Quelques travaux ont tenté de caractériser ce type d'étayage au niveau conceptuel. Bruner, par exemple, s'appuie sur le concept de zone proximale de développement introduit par Vigotsky, c'est-à-dire de différence entre ce qu'un apprenant peut faire seul et lorsqu'il est guidé par un tuteur (Vigotsky, 1978). Il identifie six fonctions caractérisant ce *soutien provisoire* à l'activité de l'apprenant par le tuteur, orientées vers la *motivation* et le *contrôle du processus* (Bruner, 1983) : l'enrôlement qui consiste à engager l'intérêt et l'adhésion aux exigences de la tâche, la réduction des degrés de liberté, la démonstration (présenter des modèles de solutions), le maintien de l'orientation, la signalisation des caractéristiques déterminantes (faire comprendre les écarts) et le contrôle de la frustration (éviter une trop grande dépendance à l'égard du tuteur).

Aujourd'hui, de nombreux travaux s'intéressent au potentiel des environnements informatisés pour apporter ce genre de soutien aux apprenants engagés dans des activités collaboratives d'apprentissage, ou 'étayage logiciel'. C'est souvent la tâche elle-même, par son authenticité, qui est censée assurer l'essentiel de la motivation. Le reste de l'étayage n'est plus fourni par un enseignant unique mais *distribué entre de nombreuses personnes* (tuteurs et pairs) *ainsi que des outils et des ressources*. Puntambekar qualifie cette situation nouvelle d'*étayage distribué* (Puntambekar et Kolodner, 2005). Tout environnement d'apprentissage collaboratif doit faciliter (R4) *l'étayage logiciel des apprenants* et (R5) *l'étayage interpersonnel tuteur-apprenant et apprenant-apprenant*. Pour Reiser l'étayage des apprenants inclut des aspects liés à la *structuration de la tâche* (planification, décomposition) et à la *problématisation des concepts* (Reiser, 2002). Il s'agit de forcer l'apprenant à considérer certains aspects comme des éléments à analyser, à catégoriser, à relier à d'autres, etc. L'étayage consiste donc tout à la fois et selon les cas à simplifier la tâche ou à la rendre plus difficile pour éviter que les apprenants restent à la surface des choses. De manière plus analytique, le *Scaffolding Design Framework* (Quintana et al., 2002) propose un ensemble de stratégies d'étayage articulé autour des trois défis cognitifs majeurs pour les apprenants que constituent la gestion du procédé collectif, la compréhension (*sense-making*) et l'explicitation (*articulation*). La table 1 résume ces stratégies.

2.5. La construction collective de l'activité et de son support

La théorie de l'activité explique que la structure de toute activité collective, décrite par Engeström en termes de sujets, outils, objet (au sens de motivation), règles, communauté et division du travail, est dynamique et évolue en permanence (Engeström, 1987). Les règles, par exemple, peuvent être contournées, renégociées et redéfinies. Concernant les outils, Jonassen souligne *qu'ils changent l'activité et sont à leur tour modifiés par l'activité* (Jonassen et Rohrer, 1999). Les sujets conduisent ces évolutions pour répondre aux nouveaux besoins et aux contradictions qui apparaissent pendant le déroulement de l'activité. De nouvelles activités peuvent apparaître. Engeström qualifie d'apprentissage expansif le processus répété de production de nouvelles activités (Engeström, 2001).

Défis cognitifs	Stratégies d'étayage
La gestion du procédé collectif	Structurer les tâches (activités possibles, plans, visualisations, ...) Fournir des connaissances expertes sous la forme de conseils et guides (sur le contenu, le processus ainsi qu'au niveau méta cognitif) Automatiser les tâches routinières
La compréhension	Se fonder sur la sémantique de la discipline (concepts et stratégies) Utiliser des représentations visuelles, manipulables, multi-vues Utiliser des représentations et une terminologie adaptées
L'explicitation	Faciliter l'explicitation des représentations (invites –prompting, gabarits de saisie – templates ...) Faciliter l'explicitation des plans de travail et le monitoring

Table 1. Le cadre conceptuel de Quintana.

Un environnement de support à la coopération ne peut donc pas être conçu entièrement avant usage. Il doit pouvoir être adapté aux évolutions de l'activité impulsées par ses utilisateurs, correspondant à des changements d'objectif, de moyens, de règles, de division du travail, etc. et à la création de nouvelles activités. En informatique, on parle de *malléabilité des systèmes* pour désigner cette adaptabilité et cette flexibilité offertes aux utilisateurs finaux (Bourguin, 2000). Dans une approche générique on peut distinguer la *malléabilité définitionnelle* qui consiste à adapter le système au contexte statiquement avant son utilisation et la *malléabilité opérationnelle* qui consiste à faire évoluer le système dynamiquement pendant son fonctionnement. La malléabilité définitionnelle permet aux enseignants-concepteurs de définir, en tenant compte du contexte de leur intervention, une situation d'apprentissage, une certaine structuration des interactions, un procédé à suivre et une certaine manière d'appréhender les effets de la collaboration (cf. section 2.1). La malléabilité opérationnelle permet aux enseignants-tuteurs et aux apprenants d'adapter en permanence l'activité et son support informatisé.

Toutes les tâches de conception, préparation, mise en œuvre, adaptation et évaluation de l'activité et de son support constituent un *méta-procédé* constitué de *méta-activités*. Bardram en souligne le caractère collectif à travers le concept de 'co-construction' (Bardram, 1998). Dans le contexte spécifique des environnements d'apprentissage collaboratif on peut penser à des méta-activités collectives de *conception de la situation et du procédé d'apprentissage*, de *adaptation statique du système support en fonction de cette conception*, de *monitoring du processus d'apprentissage avec adaptation dynamique du support*, de *post-analyse des résultats du processus d'apprentissage et de développement pédagogique des enseignants au sein de communautés de pratique et d'intérêt*. Rappelons qu'une communauté de pratique est une communauté centrée autour d'une activité particulière, avec une durée de vie égale à celle de l'activité. Elle regroupe experts et débutants, ces derniers apprenant grâce au soutien des premiers et grâce à une participation au départ périphérique puis de plus en plus centrale à mesure de l'acquisition des savoirs et des compétences (Lave et Wenger, 1991). Au contraire, une communauté d'intérêt est un réseau pérenne, centré sur un domaine et reflétant une variété de points de vue. Elle permet un apprentissage par le débat et la discussion qui va bien au delà du seul partage d'informations (Arias et al., 1999). Tout environnement d'apprentissage collaboratif doit donc (R6) *être conçu pour l'évolution et offrir un haut niveau de malléabilité*, à la fois (R6.1) *définitionnelle*, dans le cas d'un environnement générique, et (R6.2) *opérationnelle*, ainsi qu'un (R7) *support aux méta-activités et aux communautés de pratique et d'intérêt*.

3. La conception générale

Dans le cadre conceptuel précédemment défini, l'objectif poursuivi peut être reformulé comme étant *la conception et la réalisation d'un système facilitant la création et l'utilisation d'environnements d'apprentissage malléables orientés vers la construction collaborative de connaissances via le partage d'artefacts et l'étayage distribué*. Cette section présente les choix généraux de conception effectués pour satisfaire l'ensemble des caractéristiques requises reprises dans la table 2.

Réf.	Caractéristiques requises
R1	Favoriser une participation la plus égale possible de tous les apprenants
R2	Favoriser une interaction véritable entre les apprenants
R3 R3.1 R3.2 R3.3 R3.4	Faciliter la construction collaborative de connaissances nouvelles à travers : la socialisation (échanges informels entre apprenants) l'externalisation (représentation de la connaissance – multiple, adaptable, simultanée) la combinaison (négociation entre apprenants) l'internalisation (exploration de la connaissance)
R4	Faciliter l'étayage logiciel des apprenants (procédé, compréhension, explication)
R5	Faciliter l'étayage interpersonnel tuteur-apprenant et apprenant-apprenant
R6 R6.1 R6.2	Etre conçu pour l'évolution et offrir un haut niveau de malléabilité : définitionnelle opérationnelle
R7	Offrir un support aux méta-activités (de conception, d'instanciation, d'exécution, de post-analyse, ...) et aux communautés de pratique et d'intérêt.

Table 2. Les caractéristiques requises de base

3.1. Un noyau réflexif multi modèles gérant les exceptions

Comme expliqué précédemment à la section 2.5, un système malléable (R6) est modifiable par ses utilisateurs, y compris pendant son utilisation (malléabilité opérationnelle – R6.2). On distingue trois approches principales pour implanter la malléabilité (Mörch, 1995) : le *paramétrage*, l'*intégration de composants* et la *réflexivité*. Le paramétrage consiste à sélectionner une ou plusieurs valeurs d'un ensemble prédéfini permettant d'adapter le système. Le concepteur du système doit donc anticiper tous les besoins possibles, ce qui n'est pas réalisable dans la plupart des cas. L'intégration permet à l'utilisateur d'incorporer et lier au système des composants, tels les *plug-ins* des navigateurs, de manière plus ou moins transparente et, dans certains cas, 'à chaud'. En produisant de nouveaux composants on peut répondre à des besoins émergents. Mais l'effort demandé pour le développement d'un composant et son intégration est en général très conséquent. La manière la plus directe d'assurer la conformité d'un système à la structure évolutive d'une activité, au sens de la théorie de l'activité, est de le concevoir comme un *système réflexif*. Un système réflexif inclut une représentation explicite, ou *modèle*, de l'activité qu'il supporte. Son comportement dépend de cette représentation continuellement testée et change quand la représentation est modifiée, grâce à la relation causale qui est implantée entre le modèle et le comportement du système (Maes, 1987). C'est l'approche de base retenue dans la proposition décrite ici, complétée par du paramétrage pour certaines adaptations de détail qu'il est possible d'anticiper.

La conception d'un méta-modèle (modèle de modèle) permettant de modéliser toutes les activités d'apprentissage collaboratif en vue d'une interprétation par la machine et par l'homme constitue le défi majeur de ce type d'approche. Dans le champ plus large du *e-learning*, le méta-modèle IMS Learning Design à trois niveaux a été critiqué à la fois pour sa grande complexité et pour son incomplétude, particulièrement pour ce qui concerne la modélisation des activités en collaboration (Hernandez et al., 2004). La solution proposée ici associe un (sous-)modèle pour chaque facette de l'activité d'apprentissage collaboratif en reprenant l'analyse de Dillenbourg évoquée à la section 2.1 : *modèle de procédé*, *modèle d'interaction*, *modèle d'artefact* et *modèle des effets*. Cette approche multi modèles permet de fournir des moyens d'adaptation définitionnels répondant aux besoins et aux capacités de toutes les catégories d'utilisateurs :

- réutilisation pure et simple de modèles prédéfinis,
- construction de modèles par combinaison de sous-modèles de bibliothèque, c'est-à-dire en suivant un

processus de configuration à un très haut niveau d'abstraction,

- définition/adaptation de sous-modèles grâce à des *langages visuels* de haut niveau,
- développement complet de sous-modèles avec le langage de spécification de bas niveau, pouvant intégrer, comme on le montrera ultérieurement, une part de programmation.

Le noyau réflexif proposé, nommé Omega+, permet de générer des environnements client/serveur spécialisés pour les situations et processus d'apprentissage collaboratif synchrone définis par ces modèles. Il procure également un ensemble d'outils prédéfinis (chat, éditeur de texte partagé, tableau blanc partagé, éditeur générique d'artefacts partagé) et de mécanismes (contrôle du tour de parole, outils avancés de référencement, de monitoring, de conscience de groupe) sélectionnables et paramétrables, pour une adaptation fine aux besoins de tel ou tel contexte. Il combine *malléabilité via les modèles* (statique et dynamique) et *malléabilité via la prise en compte des situations exceptionnelles*. Par exemple, dans le cas où un protocole de prise de parole circulaire est en vigueur, il est possible de sauter un participant du cercle quand il est temporairement indisponible. Ce type de changement ponctuel ne remet pas en cause le modèle d'interaction mais relève des mécanismes de prise en compte des situations exceptionnelles. Un grand nombre de contraintes dérivant des modèles peuvent être *inhibées* ou *contournées* grâce à des mécanismes ad-hoc, avec une information des autres participants assurée par le système. La table 3 résume ces différentes formes de malléabilité.

Actions	Types de malléabilité	Auteurs	Objectifs
Création/évolution d'un modèle en bibliothèque	définitionnelle	Enseignant concepteur	Enrichissement ou amélioration
Adaptation d'un modèle lors de son instanciation	définitionnelle	Enseignant concepteur	Adaptation spécifique à un contexte donné avant utilisation
Modification d'un modèle en cours d'exécution	opérationnelle	Tuteur enseignant ou élève	Adaptation pour réagir à des circonstances d'utilisation données
Contournement de contraintes par un mécanisme ad-hoc	opérationnelle	Tuteur enseignant ou élève	Adaptation pour réagir à un événement exceptionnel
Réglage de paramètres	opérationnelle	Tuteur enseignant ou élève	Personnalisation dans les cas simples

Table 3. Les différentes formes de malléabilité.

3.2. Un espace d'interaction dual pour le partage étayé d'artefacts et d'idées

Le noyau réflexif offre du côté client un *espace d'interaction dual*, comprenant un espace de communication et un espace de travail (Dillenbourg et al., 2005). Cet espace dual permet la construction collaborative de connaissances à la fois par la communication directe, dans l'espace de communication, et par la communication indirecte, via la construction collective d'artefacts dans l'espace de travail. Certains travaux démontrent qu'il n'est pas facile pour les apprenants d'utiliser de manière efficace un tel espace dual pour les échanges cognitifs et méta cognitifs, même dans le cas le plus simple d'un chat et d'un tableau blanc, et que différentes formes d'étayage peuvent s'avérer utiles (Dillenbourg et Traum, 1999). Cette section discute les principaux choix de conception retenus pour l'espace d'interaction dual offert par Omega+ à partir des caractéristiques requises R1 à R5.

3.2.1. Favoriser une participation la plus égale possible

La communication directe peut être contrainte par des protocoles, soit prédéfinis, soit ad-hoc c'est-à-dire spécifiés via les modèles d'interaction. Par exemple, l'égalité de participation est imposée par le protocole d'interaction prédéfini de prise de parole circulaire (Fuks et al., 2006). Les protocoles ad-hoc incluant des rôles applicatifs tels

que ‘présentateur’, ‘critique’, ‘réviseur’, ‘synthétiseur’, sont un autre moyen de réguler la participation (Pfister et Mülpmfordt, 2002), surtout lorsque ces rôles tournent entre les participants.

Par ailleurs, dans un espace dual, les protocoles peuvent être étendus pour contrôler à la fois la communication directe et la communication indirecte : le ‘droit de parler’ est alors étendu au ‘droit d’agir’ sur les artefacts partagés (Lonchamp, 2007a).

D’une manière moins contraignante, les outils métacognitifs permettant de visualiser les caractéristiques de la participation peuvent également inciter les acteurs à s’impliquer, soit directement par auto régulation, soit via l’intervention d’un tuteur (Jermann, 2004). Ces outils-métacognitifs sont définis en Omega+ via les modèles des effets.

3.2.2. Favoriser une interaction véritable

La structuration du dialogue à l’aide d’ouvriers de phrase – *sentence openers* (Soller, 2001) ou de marqueurs sémantiques paramétrables est un premier moyen simple offert par Omega+ pour inciter à une interaction effective : questionnements, demandes de clarification, agréments, oppositions, etc.

Les messages typés et les rôles applicatifs des protocoles spécifiés par des modèles explicites constituent un second moyen pour susciter des formes particulières d’interaction. Par exemple, jouer le rôle de lecteur incite à recourir à des interactions du type ‘corriger’, ‘compléter’ ou ‘commenter’ (O’Donnel et Dansereau, 1992).

Certains artefacts spécialisés, comme les représentations explicites d’espaces de débat entre apprenants (Baker et al., 2003), peuvent également jouer ce rôle incitatif dans le cadre de la communication indirecte.

Enfin, les moyens permettant de référencer aisément une contribution à partir d’une autre (référencement inter-outils et inter-espaces) facilitent certaines formes d’interaction, comme les réactions ou les questionnements (Lonchamp, 2007b).

3.2.3. Faciliter la construction collaborative des connaissances

La socialisation (R3.1), c’est-à-dire les échanges informels de subjectivités, d’émotions, d’opinions, de doutes, etc., n’est pas facile lorsque les apprenants ne sont pas en situation de face à face. L’ajout de canaux audio/vidéo en complément à un chat traditionnel a des effets complexes à analyser selon de nombreuses analyses. (Scholl et al., 2006), par exemple, ne note pas d’effet mesurable sur la régulation du dialogue et des effets sur le contenu de la tâche fortement dépendants de la qualité de la vidéo. Le chat et le tableau blanc partagé restent donc les outils de base standards pour les échanges informels en situation distribuée.

L’externalisation (R3.2) est facilitée par la variété des types d’artefacts offerts. Leur spectre va du plus faiblement structuré, comme les graphes de concepts ou les approches fondées sur la métaphore de la carte (Cox et Greenberg, 2000), jusqu’aux modèles formels dotés d’une sémantique opérationnelle permettant de les animer, comme les réseaux de Petri. Il est important que tous ces types d’artefacts, quels que soient leurs degrés de formalité, puissent être définis à la discrétion des enseignants via les modèles d’artefacts, en exploitant des ontologies issues de la discipline et adaptées aux apprenants. Des caractéristiques à renseigner lors de la construction peuvent également être associées aux artefacts et à leurs composants via les modèles, pour susciter et guider l’explicitation des propriétés et la réflexion (*prompting*).

La composition (R3.3) requiert la possibilité de manipulation simultanée de plusieurs artefacts du même type ou de types différents dans le même espace partagé, par exemple lors de phases de rapprochement/comparaison. L’espace de travail offert par Omega+ est configurable, via le modèle de procédé, et multi-outils. L’exploration de la connaissance doit également être facilitée. Les représentations hiérarchiques (graphes multi niveaux) ou multi pages (tableau blanc avec défilement de pages), la possibilité de se situer dans une vue globale d’un artefact complexe (vue miniature avec partie visible manipulable), la possibilité de circuler dans l’historique d’une interaction (historique des contributions du chat mais aussi historique de la construction des artefacts partagés) sont des exemples de mécanismes répondant à ce besoin d’exploration.

3.2.4. Favoriser l’étayage logiciel des apprenants

Outre les aspects liés à la compréhension et à l’explicitation déjà évoqués précédemment, l’étayage concerne également la gestion du procédé d’apprentissage. Ce point rejoint le fort courant de recherche actuel sur le *scripting* en apprentissage collaboratif. Les scripts visent à structurer les processus en définissant des séquences d’activités, en distribuant des rôles et en structurant les interactions (Jermann et Dillenbourg, 2003). Des travaux récents distinguent les micro-scripts qui contraignent les actions individuelles des apprenants lors des phases collaboratives et les macro-scripts qui décrivent la structuration globale du procédé d’apprentissage (Dillenbourg et Tchounikine, 2007). Par exemple, les approches collaboratives fondées sur la rotation des rôles sont spécifiées par un micro-script décrivant la répétition d’une phase dans laquelle sont différenciés plusieurs rôles applicatifs en termes des interactions possibles, ainsi que l’affectation circulaire, statique ou dynamique, des participants aux rôles (Pfister et Mülpmfordt, 2002). Les macro-scripts correspondent à l’idée que les tâches réalisées en

collaboration par les apprenants doivent s'inscrire dans des processus plus longs où elles cohabitent avec des activités individuelles et des activités coopératives, c'est-à-dire à base de communications asynchrones et d'échanges de documents. Il peut s'agir par exemple de phases de préparation avant les phases collaboratives, comme l'écriture d'une position personnelle sur un thème avant d'en débattre. La suite de cet article parle de '*micro-processus*' et de '*macro-processus*', modélisés respectivement par des '*modèles de micro-procédé*' et des '*modèles de macro-procédé*'. Ces modèles peuvent servir simplement à informer à l'avance les participants du procédé à suivre (Carell et al., 2005), ou ils peuvent servir de base à un guidage pas à pas des participants *via leur interprétation par l'environnement* (Wessner et al., 1999). Dans cette dernière approche, retenue par Omega+, il faut bien entendu se garder de sur-spécifier le procédé (Dillenbourg, 2002) et d'enfermer l'exécution dans un cadre trop rigide (Schmidt et Bannon, 1992). Un niveau élevé de malléabilité opérationnelle est indispensable lorsque les modèles de procédés, micros ou macros, sont interprétés par la machine. Ces modèles de procédés, interprétés par le noyau, impactent aussi de manière importante le côté client du système.

3.2.5. Favoriser l'étayage interpersonnel

Ce type d'étayage est facilité pour partie par des choix qui ne relèvent pas de l'environnement de support, comme par exemple la composition des groupes d'apprenants. Le mélange d'expériences ou de compétences variées favorise en effet l'entraide entre pairs (Lai et Law, 2006). Certaines fonctionnalités des outils de communication directe peuvent également faciliter l'étayage entre apprenants ou par les tuteurs. Par exemple, le chat doit offrir la possibilité de communications privées, ou apartés, permettant une assistance personnalisée plus discrète que par le canal de diffusion à l'ensemble du groupe. Enfin, toutes les approches décrites à la section 3.2.2 à propos de la facilitation des interactions véritables contribuent bien entendu également à l'étayage interpersonnel.

3.3. Une plateforme d'accueil pour la conception, la pratique, l'évaluation et la dissémination de l'apprentissage collaboratif

Une des raisons de la faible dissémination sur le terrain des outils d'apprentissage collaboratif réside dans le manque d'expertise technique et pédagogique des enseignants et le manque d'assistance et de guidage qui leur est offert. La réponse proposée ici, consiste en une plateforme d'accueil sur le web, nommée Escole+, qui cherche à satisfaire plusieurs objectifs (R4, R7) :

- assister les méta-activités collectives de conception, de mise en œuvre et d'évaluation des sessions d'apprentissage collaboratif,
- supporter les macro-procédés comportant, en plus des sessions collaboratives instrumentées avec Omega+, des phases de travail individuel ou coopératif (asynchrone),
- accueillir les communautés de pratique centrées sur ces processus d'apprentissages collectifs,
- accueillir la communauté d'intérêt pour le travail collaboratif comprenant des enseignants simplement curieux, intéressés ou pratiquants et des chercheurs spécialistes.

Tous les participants, y compris les apprenants, peuvent accéder à cette plateforme et aux outils collaboratifs à l'aide d'un simple navigateur web.

Cette approche généralise les communautés de pratique pour le développement professionnel des enseignants, comme Tapped In 2 (Schank et al., 2002), en ajoutant à un support 'orienté information', un support 'orienté processus'. Le concept de C3MS (*Community, Content and Collaboration Management System*) est également apparenté à ce qui est proposé ici. Un C3MS étend un CMS (*Content Management System*), comme Zope or PostNuke, avec des briques pour la construction de scénarios socio constructivistes : outils de communication et d'argumentation (asynchrones et synchrones), outils d'apprentissage 'orientés-projets', outils de conception de scénarios ... (Schneider et al., 2002). L'approche C3MS souffre de certaines insuffisances, liées aux limitations des CMS comme noyau intégrateur. Spécialisés dans les procédés de production de contenus web, les CMS ne permettent pas par exemple de supporter des macro-procédés arbitrairement définis.

3.4. L'architecture fonctionnelle

La figure 4 résume l'architecture fonctionnelle correspondant aux choix de conception générale qui viennent d'être présentés. La section suivante discute la conception détaillée d'un certain nombre d'aspects essentiels, en mettant en avant les apports les plus originaux.

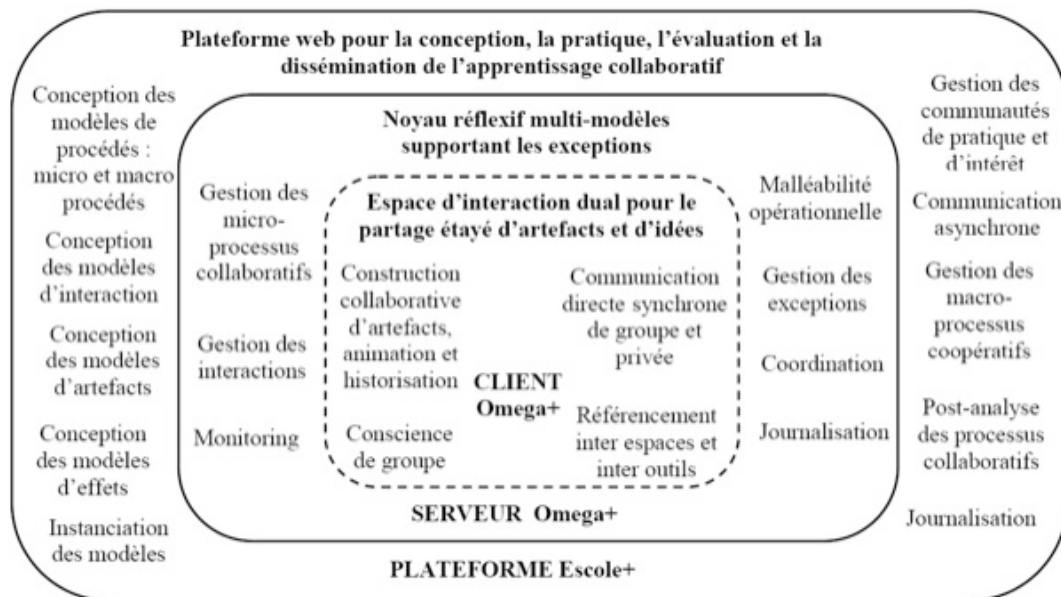


Figure 4. L'architecture fonctionnelle

4. La conception détaillée

4.1. La modélisation des micro-procédés collaboratifs

Bardram souligne l'importance des *plans* pour guider le travail dans un contexte collectif (Bardram, 1997). Un plan n'est pas une prescription rigide du travail à réaliser mais un guide qui peut être modifié en fonction du contexte en cours d'exécution. Dans Omega+ un micro-procédé collaboratif est décrit comme une séquence de *phases* se déroulant dans des *pièces* (espaces partagés) : phases simples, où tous les participants collaborent à la même tâche dans la même pièce, et phases composées (*split phases*), où les participants sont divisés en sous-groupes parallèles collaborant à des tâches séparées dans différentes pièces dont le démarrage et la fin sont synchronisés. Un plan $A \rightarrow B \rightarrow C$ ne prescrit pas obligatoirement l'exécution des trois phases A, B, C dans cet ordre précis. ABBC, AB, AB'C (où B' est une version modifiée de la phase B), ABCBC sont d'autres traces d'exécution possibles, alors que les traces CBA et CCC par exemple ont une probabilité beaucoup plus faible d'être observées.

Concrètement, les participants jouant le rôle prédéfini et transférable 'd'opérateur de la pièce' ont deux boutons pour choisir la phase suivante à exécuter, soit en suivant le plan ('Suite'), soit en sélectionnant n'importe quelle autre phase existant dans le plan ('Sauter'). Un modèle de micro-procédé collaboratif comporte un ensemble de types de phases, un ensemble de types d'outils, des liens de précedence entre types de phases et des liens d'inclusion entre type de phase et type d'outil. Chaque type de phase est caractérisé par son nom, sa nature (phase simple ou composée), sa description informelle, son modèle d'interaction (cf. section 4.2) et le mode de coordination (cf. section 4.5) en vigueur dans la(les) pièce(s). Chaque type d'outil est caractérisé par son nom, son type (éditeur de texte partagé, tableau blanc partagé, éditeur d'artefacts partagé), le fichier d'entrée à afficher automatiquement en début de phase ou le type d'artefact concerné, le fichier de sortie à créer automatiquement en fin de phase et un booléen indiquant si l'outil est utilisé en lecture seule.

Un modèle de micro-procédé peut être créé hors ligne sur la plateforme Escole+, avec un éditeur graphique partagé ou directement en XML. Il peut également être créé interactivement par l'opérateur au lancement du processus (les mêmes écrans servant à la modification dynamique du modèle). Quand une instance de phase est créée, l'opérateur :

- lui donne un nom (par défaut le nom du type et un numéro d'instance),
- définit les participants, si la participation est restreinte, et la correspondance entre participants et rôles applicatifs liés au modèle d'interaction (par exemple, qui est Modérateur dans une phase avec un protocole de communication modéré),
- peut donner des instructions informelles aux participants,
- si c'est compatible avec le type de protocole utilisé, peut personnaliser le chat avec des ouvriers de phrase, une numérotation des contributions et la possibilité de référencement explicite via ces numéros.

4.2. La modélisation des protocoles d'interaction

Les protocoles d'interaction implantent des types spécifiques d'échanges textuels adaptés aux situations d'apprentissage collaboratives. L'ensemble des types prédéfinis (comme 'passage de jeton circulaire', 'modéré', 'contributeur unique') peut être étendu par des types applicatifs spécifiques. Ces protocoles spécifiques sont définis par un ensemble de types de rôles applicatifs, un ensemble de types de messages et un ensemble de *paires adjacentes* (Clark et Schaefer, 1989) du type "si un participant jouant le type de rôle X émet le type de message M1 alors un participant jouant le rôle Y (n'importe lequel, le suivant dans un parcours circulaire, le même si X et Y sont identiques ...) doit émettre un message de type M2". Le protocole définit aussi quel(s) rôle(s) peu(ven)t parler en premier.

Un modèle d'interaction peut être créé hors ligne sur la plateforme Escole+, avec un éditeur graphique partagé ou directement en XML. Il n'est pas prévu de modification dynamique de la structure des protocoles. Par contre, il est possible de changer dynamiquement de protocole pendant une phase et différentes *situations exceptionnelles* sont gérées pour certains protocoles, comme le saut d'un participant dans un 'passage de jeton circulaire' ou l'exclusion temporaire d'un participant.

4.3. La modélisation des artefacts : l'éditeur partagé générique

Le modèle, qui est en fait un méta modèle, décrit comment l'éditeur générique sera adapté pour manipuler des modèles cibles d'un certain type. Les modèles cibles sont définis comme des *graphes hiérarchiques* dans lesquels un nœud peut être raffiné en un sous graphe. Parmi les modèles prédéfinis on trouve par exemple les automates à états finis, les différents schémas UML, les cartes de concepts, les réseaux de Petri, les graphes IBIS (Kunz et Rittel, 1970), les graphes conceptuels (Sowa, 1984), les circuits logiques, les cartes déplaçables et empilables (Cox et Greenberg, 2000). Les enseignants peuvent en outre définir toute représentation ad hoc à leur convenance en spécifiant trois aspects.

- La représentation visuelle des types de composants : nœuds (nom du type, icône pour le bouton de l'éditeur, icône du nœud dans le graphe, position du libellé du nœud, liste des propriétés à saisir pour chaque nœud, avec pour chaque propriété son nom, son type, son invite ...) et arcs (nom du type, icône pour le bouton de l'éditeur, couleur, type de trait, type de flèche, libellé fixe pour le type, présence ou non d'un libellé d'instance ...).
- Les contraintes structurelles de liaison des types de nœuds par les types d'arcs, sous la forme d'un graphe de structure.
- La sémantique opérationnelle, éventuellement attachée aux nœuds du graphe et au graphe complet. La spécification des actions se fait par programmation comme dans CoolModes (Pinkwart, 2003). Un nom d'action peut être associé aux nœuds. Ce nom apparaît dans le menu contextuel associé au nœud et déclenche une action locale. Cette action est spécifiée dans la méthode de même nom de la classe associée au type de nœud laquelle hérite de la classe prédéfinie du noyau *DiagramNode* qui permet l'accès à toutes les informations utiles sur le nœud. Un composant de type 'action' peut également être associé au graphe. Il se traduit par un bouton dans l'éditeur dont on précise le nom et l'icône. Ce bouton déclenche une action globale sur le graphe. Cette action est spécifiée dans la méthode de même nom de la classe associée à ce type de graphe, laquelle hérite de la classe prédéfinie du noyau *DiagramFormalism* qui permet l'accès à toutes les informations utiles sur le graphe. Toutes ces méthodes travaillent sur une représentation mémoire du graphe stockée sur le serveur et envoient des ordres de modification aux représentations visuelles sur les clients (changements de libellé, de couleur, d'icône ...). De la sorte, il est possible d'animer des représentations comme les réseaux de Petri ou les circuits logiques et plus généralement d'associer n'importe quel traitement aux artefacts et à leurs composants.

L'éditeur partagé générique est paramétré par un modèle d'artefact. Il offre en plus de cette malléabilité définitionnelle un certain nombre de fonctionnalités évoluées comme la possibilité de circuler dans les niveaux des graphes, la possibilité d'accéder et de circuler dans l'historique de leur construction (Mühlpfordt et Stahl, 2007), une vue miniature indiquant la partie visible du graphe et permettant sa manipulation directe.

4.4. La modélisation des effets - les outils méta cognitifs

Dans Omega+, le processus de construction de représentations visuelles de haut niveau à partir de données brutes de bas niveau (actions réalisées sur les artefacts, messages échangés, ...) est *générique*. Le modèle des effets décrit l'ensemble des types de représentation qui permettent de suivre et guider un procédé d'apprentissage donné. Le modèle, formulé en XML, précise :

- des paramètres généraux (comme l'intervalle de temps entre les mesures pour les séries temporelles),
- les caractéristiques des différentes représentations visuelles : nom, description informelle, type (histogrammes empilés, séries temporelles empilées ...), libellés caractéristiques, et expressions de calcul à

partir des données brutes de bas niveau (les calculs peuvent être réalisés au choix de l'utilisateur pour la seule phase en cours ou pour l'ensemble du processus collaboratif).

Une réflexion est en cours pour spécifier également dans le modèle des effets des *patterns* caractéristiques de *situations d'interaction* (ex : deux participants qui modifient successivement un même élément d'un graphe ou des éléments directement liés) ou *d'actions faites pour faciliter ces interactions* (ex : un même participant qui modifie un graphe et immédiatement envoie un message lié à la tâche sur le chat). Le comptage des occurrences de ces *patterns* doit permettre de caractériser l'attitude des participants vis-à-vis de la collaboration.

4.5. La coordination dans l'espace dual

L'espace dual proposé offre à la fois un espace de travail multi outils et un espace de communication où l'interaction doit pouvoir être régulée par des protocoles. Cela soulève de nombreuses questions en termes de coordination des utilisateurs :

- la *granularité* à laquelle il faut appliquer des politiques de coordination : environnement, espace, artefact, composants de l'artefact,
- la possible *coexistence* de politiques de coordination différentes,
- la relation entre coordination de la communication et coordination des actions sur les artefacts.

Omega+ offre un nombre limité de *politiques globales* au niveau de l'environnement. Ces politiques globales sont spécifiées, pour chaque phase, dans le modèle de micro procédé collaboratif. Chaque politique globale est définie en termes de politiques locales au niveau des espaces. La table 4 résume l'ensemble des possibilités offertes, décrites en détail et illustrées dans (Lonchamp, 2007a). Accès libre signifie une absence de restriction à l'utilisation des outils de l'espace sans garantie de cohérence du résultat (sauf si l'outil lui-même la garantit automatiquement au niveau fin des composants de l'artefact). La 'prise de tour' assure l'exclusivité d'utilisation à travers la demande explicite par un bouton d'un jeton unique (matérialisant le droit d'utiliser), le rendu explicite du jeton par un autre bouton et une politique d'affectation adaptable. Par défaut il s'agit d'une politique de type premier arrivé premier servi (FIFO) mais qui peut être adaptée dynamiquement. Il est par exemple possible de définir une durée maximum d'inactivité avant préemption. L'opérateur de la pièce, jouant le rôle de modérateur, peut aussi passer explicitement le tour à un autre participant. La régulation par un protocole, soit prédéfini soit spécifié par un modèle d'interaction, peut concerner l'espace de communication seul ou bien être étendue à tout l'environnement.

Politique globale	Politique dans l'espace de travail	Politique dans l'espace de communication
Accès libre	Accès libre	Accès libre
Parler librement, agir exclusivement	Prise de tour (adaptable)	Accès libre
Parler exclusivement, agir librement	Accès libre	Prise de tour (adaptable) ou protocole
Accès exclusifs parallèles	Prise de tour (adaptable)	Prise de tour (adaptable) ou protocole
Accès exclusif global	Prise de tour (adaptable) ou protocole	

Table 4. Les politiques de coordination

Grâce à cet ensemble de politiques, toutes les options concernant l'acquisition du contrôle définies par Myers -explicite, par protocole, par désignation (Myers et al., 2000)-, à l'exception de l'acquisition implicite problématique dans un contexte multi outils, et toutes les options concernant l'abandon du contrôle -rendu explicite, retrait explicite, préemption sur inactivité- sont donc disponibles.

4.6. Le référencement dans l'espace dual

La possibilité de relier conversations et objets liés à la tâche est fondamental pour établir compréhension et

attention partagées ([Stahl et al., 2006b](#)). Les techniques de référencement sont extrêmement diverses. Dans les textes on trouve des références spatiales ("le carré bleu à droite"), temporelles ("ton dernier objet"), des citations ("dans le post ou tu dis..."), l'utilisation des noms ou pseudos des participants et des références aux numéros quand les lignes sont numérotées. Dans les éditeurs graphiques partagés on trouve des mécanismes non persistants comme les télépointeurs ([Hayne et al., 1994](#)), les modifications d'apparence des objets désignés à la souris ([Suther et al., 2003](#)) ou les pointeurs graphiques qui s'estompent progressivement ([Dongqiu et Gross, 1999](#)). On trouve également des mécanismes persistants comme les pointeurs graphiques, les liens explicites inter-outils de Concert-Chat ([Mühlpfordt et Wessner, 2005](#)), les annotations textuelles ([Fidas et al., 2001](#)) et graphiques ([Giordano et Mineo, 2005](#)) dont le positionnement désigne implicitement l'objet référencé.

Les liaisons les plus complexes de type 'plusieurs à plusieurs', importantes dans les espaces d'aux multi outils, sont difficilement exprimables avec ces techniques. Omega+ offre un mécanisme original et indépendant des applications, qui généralise les annotations et autorise les référencements les plus complexes. Les utilisateurs peuvent inclure dans tous les outils des deux espaces des annotations graphiques et textuelles libres sur des captures de l'environnement (*sticky annotated snapshot* ou SAS). Ces SAS peuvent être imbriqués, donnant naissance à de véritables fils de discussion. Les annotations purement textuelles et les pointeurs sans contenu apparaissent comme des versions dégradées des SAS. À côté des utilisations normales pour le référencement (par exemple la mise en correspondance des éléments de deux graphes ou la mise en évidence des idées essentielles au sein d'un ensemble de contributions textuelles), sont apparues des utilisations imprévues des SAS ([Lonchamp, 2007b](#)). Tout d'abord, en tant que véritables *objets intermédiaires* au sens de ([Vinck et Jeantet, 1995](#)), c'est-à-dire en tant que représentations partagées éphémères, facilitatrices d'un processus de conception collaborative. On a également observé d'autres utilisations visant à contourner les contraintes strictes des protocoles de coordination. Soit comme espace privatif dans les configurations de l'environnement en accès libre, afin de conduire une réflexion personnelle isolée, car les SAS ne sont pas partagés avant leur enregistrement. Soit comme échappatoire à la non possession du jeton exclusif, car les SAS constituent des moyens d'expression toujours disponibles, au contraire des autres canaux, dans les configurations de l'environnement en accès exclusif global. Ces exemples illustrent parfaitement les interférences possibles entre mécanismes qui rendent la conception des environnements collaboratifs particulièrement délicate.

4.7. L'environnement de conception des modèles

Les modèles de (micro et macro) procédés, d'interaction et d'artefact sont des graphes avec des propriétés spécifiques attachées à leurs composants. L'environnement de conception des modèles est simplement un espace de travail collaboratif réutilisant l'éditeur générique de graphes, paramétré par le méta modèle correspondant, étendu avec une action de génération de la représentation interne XML des modèles. On peut facilement ajouter à cet espace de travail d'autres outils, comme par exemple un éditeur de cartes de concepts pour discuter des connaissances attendues de l'apprentissage ou des outils de conception pédagogique dédiés de plus haut niveau, à l'image de ce qui est proposé dans ([Soloway et al., 1996](#)). On peut également envisager de définir des procédés collaboratifs de construction des modèles 'orientés enseignants' similaires aux procédés d'apprentissage collaboratifs 'orientés apprenants'.

4.8. La plateforme Escole+

Cette plateforme web a été structurée avec trois espaces spécialisés :

- un *espace pédagogique*, décomposé en :
 - un *espace communautaire* pour l'échange d'informations générales en mode asynchrone via des forums, wikis, outils d'échange de documents, etc., au sein de la communauté d'intérêt,
 - un *espace de conception*, où les modèles Omega+ ainsi que les macro-modèles de procédé coopératifs sont développés par les enseignants et les spécialistes au sein de sous-espaces spécialisés par projet (via l'environnement de conception des modèles présenté précédemment complété par des outils de communication en mode asynchrone pour les communautés de pratique qui se constituent),
- un *espace d'apprentissage*, où les enseignants tuteurs et les apprenants exécutent les processus d'apprentissage collectif pilotés par les macro-procédés au sein de sous espaces dédiés,
- un *espace d'administration* de la plateforme, pour gérer les utilisateurs d'ESCOLE+, les rôles génériques, les documentations, les sauvegardes, etc.

Le contrôle des macro-procédés collectifs au sein de l'espace d'apprentissage pose des questions spécifiques. Peu de plateformes de travail coopératif sur le web procurent un support de type flot de tâches (*workflow*) et quand il est présent celui-ci n'offre en général qu'un niveau de malléabilité très faible voire inexistant. Dans une première expérimentation (plateforme Escole) un support de ce type a été testé ([Lonchamp, 2006b](#)). Il est apparu générateur de beaucoup de rigidités et de lourdeur de mise en œuvre pour un gain relativement faible d'automatisation de quelques tâches répétitives. Dans le prototype actuel (plateforme Escole+) le recours à un tel support de *workflow* a été écarté. Comme la plateforme permet de définir dynamiquement des espaces de travail

hiérarchisés, de leur affecter des ressources variées et de contrôler les droits des différentes catégories d'utilisateurs dans chaque espace (Lonchamp, 2007c), le contrôle de l'avancement du macro-processus se fait simplement en modifiant dynamiquement les droits d'accès aux sous espaces où sont implantées les diverses activités individuelles, coopératives ou collaboratives (via Omega+) définies dans le macro-procédé. Ces sous espaces peuvent être générés automatiquement à partir des modèles de macro-procédé qui spécifient les activités, les outils, les rôles applicatifs, les relations activités-outils et les relations de précedence entre activités.

5. L'implantation et son évaluation

Omega+ est développé en Java et peut fonctionner soit comme une application client/serveur avec des communications par sockets sur un réseau local, soit comme une application web (*applets* pour les clients et *servlet* pour le serveur) avec des communications via un tunnel http pour passer les pare-feux. Escole+ s'appuie sur la plateforme de travail coopératif Libresource (www.libresource.org), développé dans la même équipe de recherche. Presque toutes les fonctionnalités du noyau de l'architecture fonctionnelle présentée à la figure 4 sont implantées. Restent à développer l'outil permettant l'analyse post-mortem des processus et l'outil permettant de rejouer en différé les sessions collaboratives à partir des traces.

Quelques tests ponctuels ont déjà été conduits avec Omega+. Par exemple, un modèle de micro-procédé collaboratif de conception objet a été créé pour des étudiants spécialisés en informatique. Dans ce modèle, des groupes de quelques étudiants reçoivent l'énoncé d'une situation, visible dans l'éditeur de texte en lecture seule en haut de l'espace de travail situé à gauche de la figure 5. L'objectif assigné consiste à construire un diagramme de classes UML à partir de cet énoncé. Dans une première phase, les étudiants doivent spécifier à partir de l'énoncé un ensemble de cas d'utilisation sous la forme de courtes descriptions textuelles (avec l'éditeur partagé visible au milieu de l'espace de travail) et dessiner le diagramme des cas les mettant en perspective (avec une spécialisation par méta modèle de l'éditeur générique de graphes située en bas de l'espace de travail). La politique globale 'parler librement, agir exclusivement' est associée à cette phase pour assurer un libre débat, comme lors d'un *brainstorming* mais avec une stricte coordination au niveau des artefacts partagés. La figure 5 montre le client de Julien qui possède à cet instant le jeton pour agir (cf. le bouton 'Libère' en haut à gauche et les fonds blancs des outils qui indiquent le droit de contribuer sauf pour l'éditeur en lecture seulement). Tous les participants, y compris Julien, peuvent communiquer à tout instant via le chat situé dans l'espace de communication à droite. Comme Julien joue le rôle générique 'd'opérateur de pièce' il dispose également des boutons 'Suite' et 'Sauter', décrits section 4.1, pour contrôler le déroulement du micro-procédé. La seconde phase constitue le cœur du processus de conception. Les étudiants peuvent voir les cas précédemment définis dans un éditeur en lecture seule (en haut à gauche de la figure 6). Ils les transforment en diagrammes de collaboration (avec l'éditeur graphique spécialisé par méta modèle du bas), en introduisant de nouvelles classes au fur et à mesure dans le diagramme de classes (avec l'éditeur spécialisé du milieu).

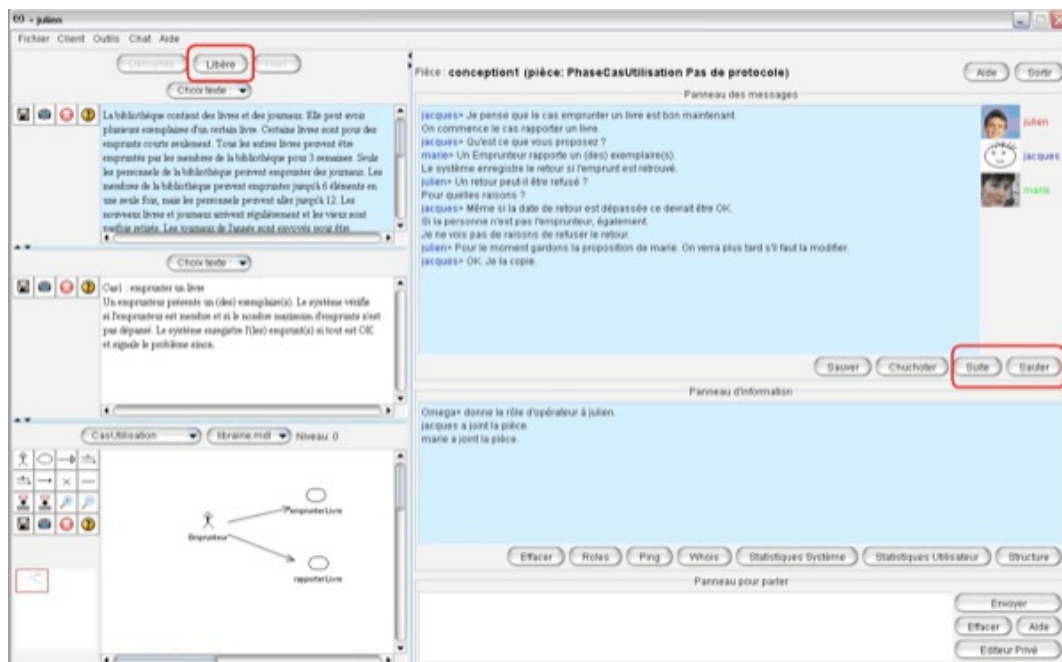


Figure 5. Le client de Julien pendant la première phase

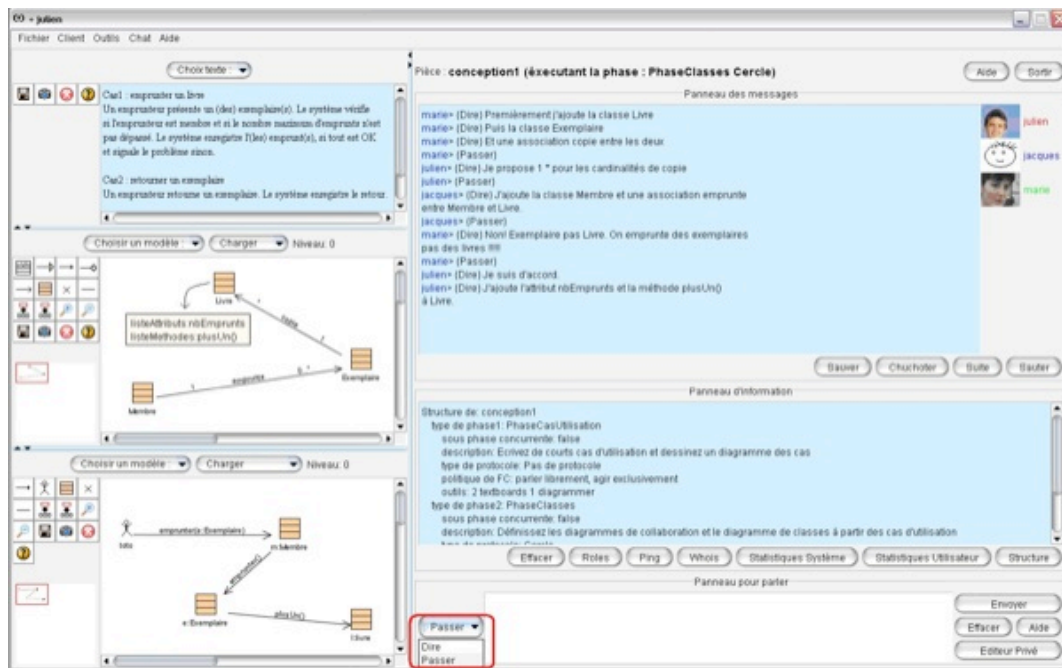


Figure 6. La seconde phase dirigée par un modèle d'interaction

Pour garantir à la fois un travail organisé et une égalité de participation, le protocole applicatif 'Cercle' est utilisé pour piloter l'ensemble de l'environnement. Chaque élève peut prendre à son tour le contrôle du client pour agir sur les artefacts et commenter sa contribution à l'aide du chat. Le protocole prédéfini 'passage de jeton circulaire' n'a pas été retenu car il impose que le jeton circule après chaque contribution. Un protocole spécifique a été spécifié par modèle qui autorise à émettre plusieurs messages avant de passer explicitement le jeton à l'apprenant suivant dans un cercle. La figure 7 montre ce modèle dans l'éditeur générique de graphes de l'environnement de conception des modèles quand l'utilisateur a choisi le type *Protocol Model* et l'instance 'Cercle'. A chaque instant, un apprenant peut uniquement sélectionner, grâce à la boîte combo en bas du chat, un type de message en accord avec son rôle et les règles du modèle ('Dire' ou 'Passer' pour le détenteur du jeton, et aucun message pour les autres). L'historique du chat reflète également l'utilisation de ce protocole.

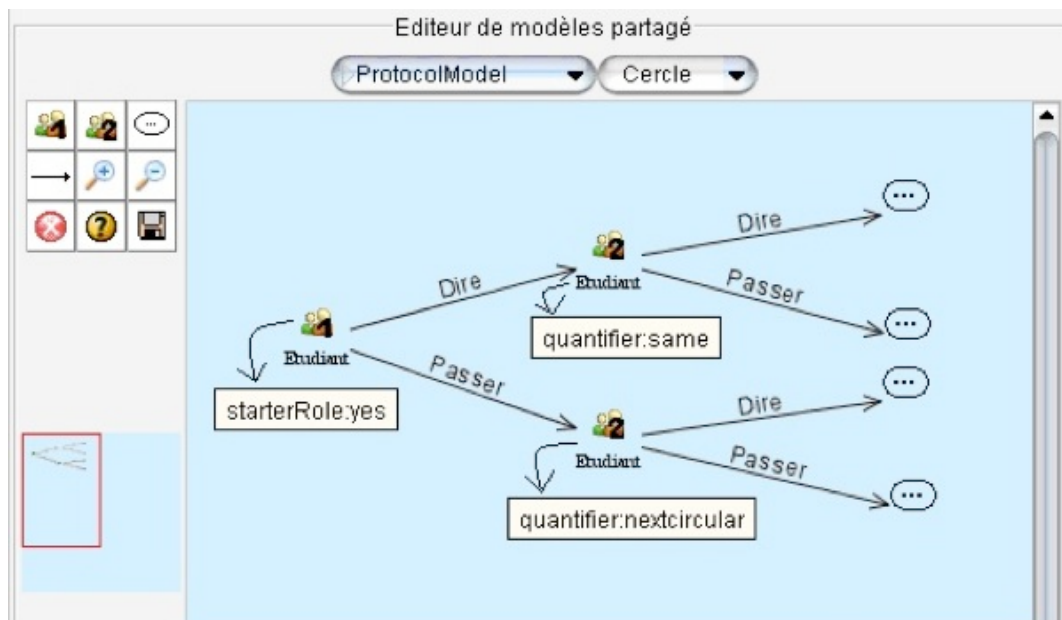


Figure 7. Le modèle de protocole 'Cercle'

Cet exemple n'illustre qu'une petite partie des fonctionnalités offertes par Omega+ à ses utilisateurs : le guidage par un micro-procédé, le guidage par des politiques de coordination ou des protocoles d'interaction ad-hoc, le guidage via des artefacts exactement adaptés à la tâche. L'utilisation des outils de référencement, des outils méta cognitifs, la possibilité d'animer les artefacts ou de circuler dans l'historique de leur construction, par exemple,

ne sont pas montrés. Un scénario d'utilisation plus complet devrait aussi inclure des évolutions dynamiques par les opérateurs comme le changement de la politique de coordination en vigueur pendant une phase, l'ajout interactif d'une phase nouvelle après la phase en cours ou des exceptions, comme le saut d'un participant dans un tour de rôle ou le transfert temporaire d'un rôle entre participants.

L'environnement proposé, par sa richesse et sa malléabilité, est non seulement difficile à illustrer mais aussi, ce qui est plus grave, difficile à évaluer. Les approches classiques évoquées dans l'introduction, qu'elles soient quantitatives ou qualitatives, ne permettent en effet d'évaluer les éléments de conception qu'en les *isolant*. Cette difficulté a été soulignée dans d'autres approches : "Comme Co-Lab est un système très vaste et riche, nos évaluations ont dû se focaliser sur des aspects spécifiques plutôt qu'évaluer le système dans sa globalité" (van Joolingen et al., 2005). Or une question centrale posée par notre approche concerne *la capacité des enseignants à exploiter la malléabilité définitionnelle (généricité par les modèles) et la malléabilité opérationnelle offerte par Omega+*. Seules des études *sur le long terme* et *transversales*, c'est-à-dire dans des contextes variés, pourront apporter des éléments de réponse. C'est un autre intérêt majeur de la plateforme Escole+ qui doit permettre de *centraliser pour analyse* une grande variété de traces d'expérimentation et donc d'alimenter le processus de conception itérative qui doit être poursuivi. Dans un premier temps, nous comptons exploiter la malléabilité définitionnelle pour *comparer plusieurs variantes d'une même tâche d'apprentissage collaboratif* en modifiant les paramètres liés au procédé, aux politiques de coordination, à l'utilisation ou non des outils d'auto régulation.

L'implantation actuelle d'Escole+ est détaillée dans (Lonchamp, 2007c). Avant de mettre en ligne Escole+ et Omega+, il importe d'une part de terminer la réalisation des outils d'analyse qui font encore défaut et d'autre part de garnir les bibliothèques d'une collection initiale de modèles prêts à l'emploi, correctement testés et couvrant une gamme représentative de situations et de contextes d'apprentissage collaboratif. Ceci, afin de faciliter l'amorçage du processus d'appropriation par des communautés d'enseignants qui sous-tend cette proposition.

BIBLIOGRAPHIE

- ARIAS, E. G., EDEN, H., FISCHER, G., GORMAN, A., SCHARFF, E. (1999). Beyond access: Informed participation and empowerment. *Int. Conf. on Computer Supported Collaborative Learning (CSCL'99)*, Stanford, Californie, p. 20-32.
- BAKER, M.J., QUIGNARD, M., LUND, K., SEJOURNE, A. (2003). Computer-supported collaborative learning in the space of debate. *Int. Conf. on Computer Supported Collaborative Learning (CSCL'03)*, Bergen, Norvège, p. 11-20.
- BARDHAM, J. (1997). Plans as Situated Action: an Activity Theory Approach to Workflow Systems. *European Conf. on Computer Supported Cooperative Work (ECSCW'97)*, Lancaster, G.B., p. 17-32.
- BARDHAM, J. (1998). Designing for the dynamics of cooperative work activities. *Int. Conf. on Computer Supported Cooperative Work (CSCW'98)*, Seattle, Washington, p. 89-98.
- BATESON, G. (1973). *Steps to an Ecology of Mind*, Londres, G.B., Granada Publishing.
- BEREITER, C. (2002). *Education and Mind in the Knowledge Age.*, Hillsdale, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates.
- BOURGUIN, G. (2000). Un support informatique à l'activité coopérative fondé sur la Théorie de l'Activité : le projet DARE. *Thèse de doctorat, USTL (Lille 1)*.
- BRUNER, J. (1983). *Child talk: Learning to use language.*, New York, Norton.
- CARELL, A., HERMANN, T., KIENTLE, A., MENOLD, N. (2005). Improving the Coordination of Collaborative Learning with Process Models. *Int. Conf. on Computer Supported Collaborative Learning (CSCL'05)*, Taipei, Taiwan, p.18-27.
- CLARK, H. H., BRENNAN, S. A. (1991). *Grounding in communication. Perspectives on socially shared cognition*, Washington, APA Books.
- CLARK, H., SCHAEFER, E. (1989). Contributing to Discourse, *Cognitive Science*, Vol. 13, p. 259-294.
- COX, D., GREENBERG, S. (2000). Supporting collaborative interpretation in distributed Groupware. *Int. Conf. on Computer Supported Cooperative Work (CSCW'00)*, Philadelphie, Pennsylvanie, p. 289-298.
- DILLENBOURG P. (1999). What do you mean by collaborative learning? *Collaborative-learning: Cognitive and Computational Approaches.*, Oxford, G.B., Elsevier, p.1-19.
- DILLENBOURG, P. (2002). Over-scripting CSCL: The risks of blending collaborative learning with instructional design, *Three worlds of CSCL. Can we support CSCL*, p.61-91.
- DILLENBOURG, P., CSCL SIG de Kaleidoscope (2005). Dual Interaction Spaces. CSCL'05 workshop presentation <http://www.csl2005.org/Workshops/workshop5.htm>.
- DILLENBOURG, P., TCHOUNIKINE, P. (2007). Flexibility in macro-scripts for computer-supported collaborative learning, *Journal of Computer Assisted Learning*, Vol 23, p. 1-13.

- DILLENBOURG, P., TRAUM, D. (1999). Does a shared screen make a shared solution? *Int. Conf. on Computer Supported Collaborative Learning (CSCL'99)*, Stanford, Californie, p. 127-135.
- DIMITRACOPOULOU, A. (2005). Designing Collaborative Learning Systems: Current Trends & Future Research Agenda. *Int. Conf. on Computer Supported Collaborative Learning (CSCL'05)*, Taipei, Taiwan, p. 115-124.
- DONGQIU, Q., GROSS, M.D. (1999). Collaborative Design with NetDraw. *Int. Conf. on Computer Aided Architectural Design Futures (CAAD'99)*, Atlanta, Georgie, p. 213-226.
- ENGESTROM, Y. (1987). *Learning by expanding*, Orientakonsultit, Helsinki.
- ENGESTROM, Y. (2001). Expansive learning at work: Towards an activity theory reconceptualisation, *Journal of Education and Work*, Vol 14, p. 133-156.
- FEISTINGER, L. (1957). *A Theory of Cognitive Dissonance*, Stanford, Californie, Stanford University Press.
- FIDAS, C., KOMIS, V., AVOURIS, N. (2001). Design of collaboration-support tools for group problem solving. *Panhellenic Conf. on Human Computer Interaction (PC HCI'01)*, Patras, Grèce, p. 263-268.
- FUKS, H., PIMENTEL, M., PEREIRA DE LUCENA, C.J. (2006). R-U-Typing-2-Me? Evolving a chat tool to increase understanding in learning activities, *ijcscl*, Vol 1 n° 1, p. 117-142.
- GIORDANO, D., MINEO, S. (2005). A graphical annotation platform for Web-based e-learning. *Int. Conf. on Multimedia and Information and Communication Technologies in Education (m-ICTE'05)*, Cáceres, Espagne, p. 1255-1260.
- HAATAINEN, E., KORHONEN, K. (2002). Guidelines for teacher training and technical and pedagogical support. ITCOLE teacher training and consulting model, *ITCOLE Project Deliverable D8.1*, http://www.euro-cscl.org/site/itcole/D8_1_guidelines_for_teach.pdf (consulté le 3 juillet 2007).
- HAYNE, S., PENDERGAST, M., GREENBERG, S. (1994). Implementing Gesturing with Cursors in Group Support Systems. *Journal of Management Information Systems*, Vol. 10, p. 42-61.
- HERNANDEZ-LEO, D., ASENSIO-PEREZ, J. I., DIMITRIADIS, Y. (2004). IMS Learning Design support for the formalization of Collaborative Learning Patterns, *Int. Conf. on Advanced Learning Technologies (ICALT'04)*, Joensuu, Finlande, p. 350-354.
- INGRAM, A.L., HATHORN, L.G. (2004). Methods for Analyzing Collaboration in Online Communications, *Online collaborative learning: theory and practice* (T.S. Roberts, éd.), Hershey, Idea Group Inc, p. 215-241.
- JERMANN, P., DILLENBOURG, P. (2003). Elaborating new arguments through a cscl scenario. *Arguing to Learn: Confronting Cognitions in Computer – Supported Collaborative Learning Environments*, CSCL Series, Kluwer, Amsterdam, Pays Bas, p. 205-226.
- JERMANN, P. (2004). Computer Support for Interaction Regulation in Collaborative Problem-Solving, *Doctoral Dissertation, University of Geneva*.
- JONASSEN, D.H., ROHRER-MURPHY, L. (1999). Activity Theory as a Framework for Designing Constructivist Learning Environments, *Educational Technology, Research and Development*, Vol. 47 n° 1, p. 61-79.
- JONES, C., DIRCKINCK-HOLMFELD, L., LINDSTROM, B. (2007). A Relational, Indirect, Meso-Level Approach to CSCL Design in the Next Decade, *ijcscl*, Vol. 1 n° 1, p. 35-56.
- KAYE, A. (1992). Learning together apart. *Collaborative Learning Through Computer Conferencing*, Berlin, Allemagne, Springer-Verlag, p. 117-136.
- KOSCHMANN, T. (1996). *CSCL: Theory and Practice of an Emerging Paradigm*, Hillsdale, New Jersey, Lawrence Erlbaum.
- KUNZ, W., RITTEL, H. (1970). Issues as Elements of Information Systems. *Technical Report S-78-2.*, Institut für Grundlagen Der Planung I.A., Universität Stuttgart, Allemagne.
- LAI, M., LAW, N. (2006). Peer Scaffolding of Knowledge Building Through Collaborative Groups with Differential Learning Experiences, *Journal of Educational Computing Research*, Vol. 35 n° 2, p. 123-144.
- LAVE, J., WENGER, E. (1991). *Situated learning-legitimate peripheral participation*, New York, Cambridge University Press.
- LIPPONEN, L. (2002). Exploring foundations for computer-supported collaborative learning. *Int. Conf. on Computer Supported Collaborative Learning (CSCL'02)*, Boulder, Colorado, p. 72-81.
- LONCHAMP, J. (2006) Supporting synchronous collaborative learning: A generic, multi-dimensional model. *ijcscl*, Vol. 1 n° 2, p. 247-276.
- LONCHAMP, J. (2006). A Platform for CSCL Practice and Dissemination. *Int. Conf. on Advanced Learning Technologies (ICALT'06)*, Kerkraide, Pays Bas, p. 66-70.
- LONCHAMP, J. (2007). Floor Control in Complex Synchronous CSCL Systems. *Int. Conf. on Web Information Systems and Technology (WebIST'07)*, Barcelone, Espagne.

- LONCHAMP, J. (2007). Linking Conversation and Task Objects in Complex Synchronous CSCL environments, *Int. Conf. on Web Information Systems and Technology (WebIST'07)*, Barcelone, Espagne.
- LONCHAMP, J. (2007). Towards a Web Platform for Collaborative Learning Practice, Evaluation and Dissemination, *Journal of Computers*, Vol. 2 n° 4, p 1-8.
- MAES, P. (1987). Concepts and experiments in computational reflection. *Int. Conf. on Object-oriented programming systems, languages and applications (OOPSLA'87)*, Orlando, Floride, p. 147-155.
- MIAO, Y. (2000). Design and Implementation of a Collaborative Virtual Problem-Based Learning Environment. *Ph.D. Thesis, Technischen Universität Darmstadt*.
- MIAO, Y., HOEKSEMA, K., HOPPE, H. U., HARRER, A. (2005). CSCL Scripts: Modelling Features and Potential Use. *Int. Conf. on Computer Supported Collaborative Learning (CSCL'05)*, Taipei, Taiwan, p. 423-432.
- MORCH, A. (1995). Three Levels of End-user Tailoring: Customization, Integration, and Extension. *Third Decennial Aarhus Conference*, Danemark, p. 157-166.
- MUHLFORDT, M., WESSNER, M. (2005). Explicit Referencing in Chat Supports Collaborative Learning. *Int. Conf. on Computer Supported Collaborative Learning (CSCL'05)*, Taipei, Taiwan, p. 460-469.
- MUHLFORDT, M., STAHL, G. (2007). The integration of synchronous communication across dual interaction spaces. *Int. Conf. on Computer Supported Collaborative Learning (CSCL'07)*, Rutgers, New Jersey.
- MYERS, B.A., CHUANG, Y.S.A., TJANDRA, M., CHEN, M.C., LEE, C.K. (2000). Floor Control in a Highly Collaborative Co-Located Task. <http://www.cs.cmu.edu/~pebbles/papers/pebblesfloorcontrol.pdf> (consulté le 3 juillet 2007).
- NONAKA, I., TAKEUCHI, H. (1995). *The knowledge-creating company: How Japanese companies create the dynamics of innovation.*, New York, Oxford University Press, p. 61-85.
- O'DONNELL, A., DANSEREAU, D. (1992). Scripted cooperation in student dyads: A method for analyzing and enhancing academic learning and performance. *Interaction in cooperative groups - the theoretical anatomy of group learning*, Cambridge Univ. Press, p. 120-141.
- PAAVOLA, S., LIPPONEN, L., HAKKARANEIN, K. (2002). Epistemological foundations for CSCL: A comparison of three models of innovative knowledge communities. *Int. Conf. on Computer Supported Collaborative Learning (CSCL'02)*, Boulder, Colorado, p. 24-32.
- PFISTER, H.-R., MUHLFORDT, M. (2002). Supporting discourse in a synchronous learning environment: The learning protocol approach. *Int. Conf. on Computer Supported Collaborative Learning (CSCL'02)*, Boulder, Colorado, p. 581-589.
- PINKWART, N. (2003). A Plug-In Architecture for Graph Based Collaborative Modeling Systems. *Int. Conf. on Artificial Intelligence in Education (AIED'03)*, Sydney, Australie, p. 535-536.
- POLANYI, M. (1962). *Personal knowledge: towards a post critical philosophy*, Londres, Routledge.
- PUNTAMBEKAR, S., KOLODNER, J.L. (2005). Toward implementing distributed scaffolding: Helping students learn science from design. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 42 n° 2, p. 185-217.
- QUINTANA, C., REISER, B. J., DAVIS, E. A., KRAJCIK, J., FRETZ, E., DUNCAN, R. G., *et al.* (2004). A scaffolding design framework for software to support science inquiry. *Journal of the Learning Sciences*, Vol 13 n° 3, p. 337-386.
- REISER, B. J., Why Scaffolding Should Sometimes Make Tasks More Difficult for Learners. *Int. Conf. on Computer Supported Collaborative Learning (CSCL'02)*, Boulder, Colorado, p. 255-264.
- RESTA, P., LAFERRIERE, T. (2007). Technology in Support of Collaborative Learning, *Educational Psychology Review*, Vol 19, p. 65-83.
- SCHANK, P., HARRIS, A., SCHLAGER, M. (2002). Painting a Landscape onto TAPPED IN 2, *CSCW Workshop on The Role of Place in Virtual Communities*, New Orleans, Louisiane.
- SCHMIDT, K., BANNON, L. (1992). Taking CSCW Seriously. Supporting Articulation Work. *Journal of Computer Supported Cooperative Work*, Dordrecht, Pays Bas, Kluwer Academic Publishers, p. 7-40.
- SCHNEIDER, D., SYNTETA, P., FRETE, C. (2002). Community, Content and Collaboration Management Systems in Education: a new chance for socio-constructivist scenarios?. *Int. Conf. on Information and Communication Technologies in Education (ICTE'02)*, Samos, Grèce.
- SCHOLL, J., MCCARTHY, J., HARR, R. (2006). A comparison of chat and audio in media rich environments. *Int. Conf. on Computer Supported Cooperative Work (CSCW'06)*, Banff, Alberta, Canada, p. 323-332.
- SOLLER A. (2001). Supporting Social Interaction in an Intelligent Collaborative Learning System, *Journal of Artificial Intelligence in Education*, Vol. 12, p. 40-62.
- SOLOWAY, E., KRAJCIK, J.S., BLUMENFELD, P., MARX, R.W. (1996). Technological Support For Teachers Transitioning to Project-Based Science Practices. In *CSCL: Theory and Practice of an Emerging Paradigm*, Hillsdale, New Jersey, Lawrence Erlbaum.

- SOWA J.F. (1984). *Conceptual Structures : Information Processing in Mind and Machine*, Reading, Massachusetts, Addison-Wesley.
- SPENDER, J.C. (1996). Making Knowledge the Basis of a Dynamic Theory of the Firm, *Strategic Management Journal*, Vol. 17, Winter Special Issue, p. 45-62.
- STAHL, G., KOSCHMANN, T., SUTHERS, D. (2006). *Computer-supported collaborative learning: An historical perspective*, Cambridge Handbook of the Learning Sciences, Cambridge, Cambridge University Press.
- STAHL, G., ZEMEL, A., SARMIENTO, J., CAKIR, M., WEIMAR, S., WESSNER, M., MUHLPFORDT, M. (2006). Shared Referencing of Mathematical Objects in Online Chat. *Int. Conf. of the Learning Sciences (ICLS'06)*, Bloomington, Indiana, p. 716-723.
- SUTHERS, D., GIRARDEAU, L., HUNDHAUSEN, C. (2003). Deictic Roles of External Representations in Face-to-face and Online Collaboration. *Int. Conf. on Computer Support for Collaborative Learning (CSCL'03)*, Bergen, Norvège, p. 173-182.
- SUTHERS, D. (2005). Technology Affordances for Intersubjective Learning: A Thematic Agenda for CSCL. *Int. Conf. on Computer Supported Collaborative Learning (CSCL'05)*, Taipei, Taiwan, p. 662-671.
- SUTHERS, D. (2006). A Qualitative Analysis of Collaborative Knowledge Construction Through Shared Representations. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, Vol 1 n° 2, p. 1-28.
- VAN JOOLINGEN, W., DE JONG, T., LAZONDER, A., SAVELSBERGH, E., MAN-LOVE, S. (2005). Co-Lab: research and development of an online learning environment for collaborative scientific discovery learning. *Computers in Human Behavior*, Vol. 21, p. 671-688.
- VYGOTSKY, L. S. (1978). *Mind in Society: The development of higher psychological processes*, Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press.
- VINCK, D., JEANTET, A. (1995). Mediating and Commissioning Objects in the Socio technical Process of Product Design: a conceptual approach. *In Designs, Networks and Strategies*, COST Social Science Series, 2.
- WESSNER, M., PFISTER, H.-R. MIAO, Y. (1999). Using learning protocols to structure computer-supported cooperative learning. *World Conf. on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications (ED-MEDIA'99)*, Seattle, Washington, p. 471-476.

■ A propos de l'auteur

Jacques LONCHAMP est Professeur des Universités en Informatique à l'Université Nancy 2 et chercheur au LORIA dans le projet INRIA ECOO (Environnements pour la COOpération). Ses centres d'intérêt sont le travail et l'apprentissage collaboratif, la construction d'environnements génériques paramétrés par des modèles, la modélisation des procédés de développement logiciel.

Adresse : LORIA, Equipe ECOO, Campus Scientifique, BP 239, 54 506, Vandœuvre-lès-Nancy Cedex.

Courriel : Jacques.Lonchamp@loria.fr

Toile : www.loria.fr/~jloncham

Référence de l'article :

Jacques LONCHAMP , Un cadre conceptuel et logiciel pour la construction d'environnements d'apprentissage collaboratifs, *Revue STICEF*, Volume 14, 2007, ISSN : 1764-7223, mis en ligne le 01/02/2008, <http://sticef.org>

© Revue Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation, 2007